

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-28967  
(P2000-28967A)

(43) 公開日 平成12年1月28日 (2000.1.28)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 27/28

識別記号

F I  
G 0 2 B 27/28

ターコード (参考)

Z

審査請求 未請求 請求項の数9 OL (全12頁)

(21) 出願番号 特願平11-141958  
(22) 出願日 平成11年5月21日 (1999.5.21)  
(31) 優先権主張番号 09/082517  
(32) 優先日 平成10年5月21日 (1998.5.21)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 597175606  
ジェイディーエス ファイテル インコー  
ポレイテッド  
JDS Fitel Inc.  
カナダ オンタリオ州 K2G5W8 ネ  
ビアン ウェストハントクラブロード  
570

(72) 発明者 イハオ チェン  
カナダ オンタリオ州 K2M 2L6  
カナダ メドウブリーズドライブ 36

(74) 代理人 100093894  
弁理士 五十嵐 清

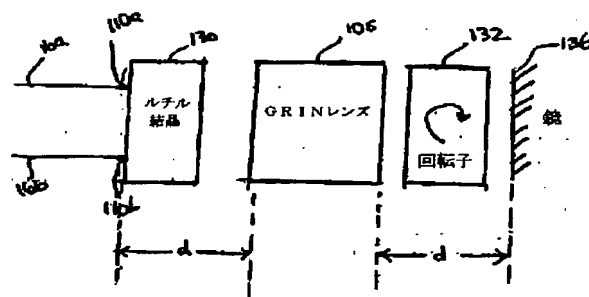
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光減衰器

(57) 【要約】

【課題】 小型、かつ、製造が容易であって、廉価な光減衰器を提供する。

【解決手段】 複屈折結晶130の一端面の入力ポート110aと出力ポート110bに光導波路の光ファイバ16a、16bを連結する。複屈折結晶130と鏡136との間にGRINレンズ105と偏光回転子132を配置する。複屈折結晶130のポート110a、110b側の入出力端とその入出力端に対して最短位置のGRINレンズ105の端面との光学距離dは、鏡136とその鏡136から最短位置のGRINレンズ105の端面との光学距離dに等しくする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力光導波路と出力光導波路を有し、この入力光導波路と出力光導波路の端部は入力導波路に投射された入力ビームの光の少なくとも一部が出力導波路に向けられるように光学的に配列されており、また、入力導波路に投射されて入射した光を実質的に反対方向の出力導波路に向かって屈折する屈折要素と、屈折要素と入力および出力導波路間に配置され、入力ビームを第一偏光の第一ビームと第二直交偏光の第二ビームに分割する複屈折結晶と、通過する光の偏光を選択的に回転する制御可能偏光回転子と、光導波路と屈折手段の間に配置されたレンズ手段とを有することを特徴とする光減衰器。

【請求項2】 屈折要素は部分的に透過性であり、屈折器の近傍に屈折要素を通して伝達された光を検出する検出器を含むことを特徴とする請求項1記載の光減衰器。

【請求項3】 レンズ手段は、複屈折結晶を通して非視準光を導き、反射要素の端面に光の焦点を結ぶために、複屈折結晶と偏光回転子間に配置されていることを特徴とする請求項1記載の光減衰器。

【請求項4】 入力および出力導波路は減衰器の同一の端部にあることを特徴とする請求項1記載の光減衰器。

【請求項5】 入力および出力導波路は光ファイバであり、レンズ手段は、複屈折結晶を通して伝搬してきた入力光導波路からの非視準直交偏光光ビームを受光するために、反射要素と複屈折結晶間に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の光減衰器。

【請求項6】 入力光導波路と、出力光導波路と、実質的な視準端面と焦点端面を持つレンズと、レンズに結合され直交偏光光ビームを分離し結合する複屈折結晶と、入力導波路に投射された入射ビームを出力導波路に向ける屈折器とを有し、入出力光導波路はレンズに光を投射又はレンズから光を受光するレンズに近接しており、それぞれ端部を持つ光導波路は約 $d_1$ の光学距離でレンズの最短の端部から分離されており、 $d_1 > 0$ として実質的に視準するレンズの端面と屈折器間の光学距離は $d_1$ であり、偏光回転子が通過する光の偏光を回転するために複屈折結晶と屈折器間に配置されていることを特徴とする光減衰器。

【請求項7】 反射器を通して漏洩した光の部分を分岐し検出する分岐手段を含むことを特徴とする請求項6記載の光減衰器。

【請求項8】 入力導波路に投射された光がレンズを通過する前に複屈折結晶を通過させることを特徴とする請求項1記載の光減衰器。

【請求項9】 装置の第一端部にある入力ポートおよび出力ポートと、実質的な視準端面と焦点端面を持つレンズと、入力ポートからの視準しない光を受光するために入力および出力ポートに近接して配置され直交偏光光ビームを分離し結合するためにレンズに結合された複屈折

結晶と、入力導波路に投射された入射ビームを出力ポートに向ける屈折器とを有し、入出力ポートはレンズに光を投射又はレンズから光を受光するレンズに近接しており、そのポートは約 $d_1$ の光学距離でレンズの最短の端部から分離されており、実質的なレンズの視準端面と屈折器間の光学距離は $d_1 > 0$ として $d_1$ であり、複屈折結晶と反射表面間にはそこを通過する光の偏光を回転するために偏光回転子が配置されていることを特徴とする光減衰器。

## 10 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光信号を制御可能に減衰する光減衰器に関する。

## 【0002】

【発明の技術的背景】光学技術の分野では多くの光減衰器が知られている。これらのあるものは、当該技術で知られている偏光ビーム分割器を用いているが、それぞれ欠点を有している。更に、入射ビームを二つの偏光ビームに分割するビーム分割器を利用する減衰器は、入射ビームを二つの直交する偏光ビームに分割する一つのビーム分割器と偏光されたビームを単一光ビームに結合する実質的に同一の一個のビーム分割器を必要とする。一对の整合結晶を提供するには努力が必要で、また、コストが嵩む。

【0003】プリズム状にカットされ、一緒に接着された複屈折材料のブロックであるGlan-Thompson偏光器（偏光子）は、接着境界面で一方の偏光成分を反射し、また他方を透過することにより作動する。この装置は、一般的に品薄で高価な方解石のような複屈折材料のかかなりの量を必要とし、光は接着剤を破壊あるいは曇らせるので、高出力レーザや紫外線で作動することができない。更に、反射偏光成分を利用するこのビーム分割器は、ビームが平行、直交、あるいは他の角度であることがしばしば有用である時に、例えば $45^\circ$ の都合の悪い角度で偏光ビームが装置を出て行く、という追加の欠点を持つ。

【0004】Glan-Thompson偏光器と同様であるが、偏光成分を分離するために接着剤の代わりに空気空間を使用するGlan-Taylor偏光器（偏光子）は、多くの光源と共に作動するが空気間隙によって生じる反射損失とゴーストを受ける。

【0005】境界面を通して成分を透過させることにより偏光成分を分離するWollaston, Rochon, およびSenarmontビーム分割器は、使用に際し殆どの光源との光学的接触を許容するが、一方あるいは両方の偏光成分が着色および歪を受けて、都合の悪い角度で出て行くビームを作り出す。

【0006】二重屈折要素（ビーム置換器）は、平行偏光光ビームを作り出し、小ビーム分離と限定されたフィールドを達成する。また、有用な分離を達成する前に、

ビームはかなりの量の材料を通過することがあるので、異常ビーム中に結晶構成中の不完全さによる波頭歪が生じる（例えば、「水晶および方解石の複屈折」米国光学会雑誌 49 巻、7 号、1959 年 7 月、710-712 頁参照）。ビーム分離は更に適当な結晶の小さなサイズと高価格により制限される。それらの事情に鑑み、ビーム置換結晶を使用して、これらの制限の幾つかを解決することが本発明の目的である。

【0007】偏光プリズム、およびその各種欠陥が、Bennett and Bennett 著「偏光」光ハンドブック、Driscoll Vaughan 編、McGraw-Hill、1978 年に詳細に記述されている。

【0008】ここに参考文献としての米国特許 No. 5,727,109「E-tek Dynamics」は、そこを通して通過する光ビームの偏光を変化させる、二個のレンズ、二個の結晶、および一個の液晶セルを持つ光減衰器を開示している。この装置はその意図した機能を行うが、この設計にはいくつかの欠点がある。例えばそれは、視準レンズによって与えられる視準ビームに適應するために、二個の十分に分厚い光結晶を備えることが必要である。これらの結晶は視準ビームに適應し、また分離するために大きくなければならないので、それらのコストは極めて重大である。更に、この装置は一对の結晶を必要とし、それは更に装置のコストを増加する。更にまた、十分に整合した結晶を提供するように注意が払われなければならないので、これもこの装置の製造コストを押し上げる。この設計の別の欠点は、そのサイズであり、より大きいものが好ましい場合がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記の欠点の殆ど、あるいは総てを回避し、そして小さく、かつ比較的廉価な光減衰器を提供することにある。すなわち、本発明は、先行技術装置の上記欠点の大部分を回避する偏光ビーム分割器であって、かつ、複雑でなく、製造するのに安価な光減衰器を提供することが本発明の目的である。また、市場で入手可能な複屈折結晶準抛装置よりも、製造コストが遥かに低い複屈折結晶をそのコア要素として持つ装置を提供することが、更に別の目的である。さらに、ビームシフト結晶と同じ形式を利用する、従来市場で入手可能な装置よりも、遥かに小さな結晶を必要とする光減衰器の偏光ビーム分割器を提供することが、本発明の更に別の目的である。さらにまた、投射された光ビームを二個の実質的に直交する偏光ビームに分割し、これらのビームを単一のビームに結合する単一の分割／結合光要素のみを必要とする光減衰器を提供することが本発明の目的である。さらには、反射折り返し構成を持つ光減衰器を提供することが、本発明のさらに別の目的である。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、下記構成を有する光減衰器が提供されている。すなわち、入力光導波路と出力光導波路を有し、この入力光導波路と出力光導波路の端部は入力導波路に投射された入力ビームの光の少なくとも一部が出力導波路に向けられるように光学的に配列されており、また、入力導波路に投射されて入射した光を実質的に反対方向の出力導波路に向かって屈折する屈折要素と、屈折要素と入力および出力導波路間に配置され、入力ビームを第一偏光の第一ビームと第二直交偏光の第二ビームに分割する複屈折結晶と、通過する光の偏光を選択的に回転する制御可能偏光回転子と、光導波路と屈折手段の間に配置されたレンズ手段とを有する。

【0011】また、本発明によれば、下記構成を有する光減衰器が提供されている。すなわち、入力光導波路と、出力光導波路と、実質的な視準端面と焦点端面を持つレンズと、レンズに結合され直交偏光光ビームを分離し結合する複屈折結晶と、入力導波路に投射された入射ビームを出力導波路に向ける屈折器とを有し、入出力光導波路はレンズに光を投射又はレンズから光を受光するレンズに近接しており、それぞれ端部を持つ光導波路は約  $d_1$  の光学距離でレンズの最短の端部から分離されており、 $d_1 > 0$  として実質的に視準するレンズの端面と屈折器間の光学距離は  $d_1$  であり、偏光回転子が通過する光の偏光を回転するために複屈折結晶と屈折器間に配置されている。

【0012】さらにまた、本発明によれば、下記構成を有する光減衰器が提供されている。すなわち、装置の第一端部にある入力ポートおよび出力ポートと、実質的な視準端面と焦点端面を持つレンズと、入力ポートからの視準しない光を受光するために入力および出力ポートに近接して配置され直交偏光光ビームを分離し結合するためにレンズに結合された複屈折結晶と、入力導波路に投射された入射ビームを出力ポートに向ける屈折器とを有し、入出力ポートはレンズに光を投射又はレンズから光を受光するレンズに近接しており、そのポートは約  $d_1$  の光学距離でレンズの最短の端部から分離されており、実質的なレンズの視準端面と屈折器間の光学距離は  $d_1 > 0$  として  $d_1$  であり、複屈折結晶と反射表面間にはそこを通過する光の偏光を回転するために偏光回転子が配置されている。

【0013】有利なことに、本発明は、複屈折ビーム移動結晶を利用する同様な設計の最も商業的に利用可能な装置に要求されるよりも、実質的に小さな（約  $1/50$  のサイズの）複屈折結晶を必要とする構成を提供する。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態例を図面に基づき説明する。なお、説明の都合上各実施形態例を対比のために先行技術を適宜織り交ぜて説明する。

【0015】図 9 は、周知の偏光ビーム分割器／結合器

設計を示す。同図において、方解石結晶のような複屈折結晶10が配置され、その第一端面に12aおよび12bの、結晶の反対側の端面に他の二個のレンズからの光を受光するために置かれた12cの、三個の4分の一ピッチ焦点/視準グレーデッドインデックスレンズ（GRINレンズ）が配置されている。

【0016】図9において、レンズ-結晶境界面での太線で示される一個のレンズの一端面の光束幅14a、14bは、結晶端面の最小サイズよりも小さい長さを規定する。結晶端面のサイズは長さd<sub>2</sub>で示されるいくらかの追加の調整間隔を含んで光束に適應するように大きさが決められる。換言すれば、GRINレンズ12aおよび12bはそれぞれ直径d<sub>1</sub>を持ち、レンズ12aおよび12b間にいくらかの調整/適合間隔d<sub>2</sub>があるので、結晶は長さ（幅方向の長さ） $S = d_1 + d_1 + d_2$ の合計に適應するのに十分な幅を持たなければならない。更に、幅方向の長さSはd<sub>1</sub>あるいはd<sub>2</sub>を増加させる特別な設計条件のために増加するので、結晶の全長1cもまた増加しなければならない。

【0017】逆にもし、結晶が例えば図9に示される長さの半分に短縮されれば、レンズ12aおよび12bを置くために利用可能な間隔は少なくなる。このことが図10に示され、ここでは結晶長が1c/2となり、レンズ12aおよび12bを置く十分な間隔がない無効実施例となり、図面ではレンズが重複（オーバーラップ）して示されている。従って、結晶10を通して伝搬する光を視準するレンズを使用する必要条件は、少なくとも二個のレンズあるいは視準光ビームに適應するように大きさの決められた結晶を使用する制約を生じる。

【0018】本発明の一つの側面による実施形態例が図1に示され、これによれば、光減衰器の偏光ビーム分割器/結合器は、小複屈折結晶30の一端面に、図示していないファイバ管を用いて直接連結された光ファイバ16aおよび16bの形式で二本の導波路を持っているのが示されている。図1の実施形態例で要求される結晶30の大きさは、図9に示される従来のビーム分割器で要求される結晶10の大きさの約1/50である、ということに特に注目すべきである。従って、図1の装置を製造するコスト削減は、図9に示された装置よりも遥かに少ない。また更に、本発明のこの第一の実施形態例では、図9に示された先行技術装置で必要とする三個のレンズと比較して、ただ一個のレンズを必要とする。

【0019】図1において、光ファイバ形式の出力光導波路は、結晶30の端面から離隔して置かれている。レンズ32は光ファイバ16aと16c間、および光ファイバ16bと16c間の光を結合するために、光ファイバ16cと結晶30間に置かれる。

【0020】この実施形態例では、光ファイバ16aと16bは互いに非常に接近できるので、結晶30の大きさは非常に小さくでき、その結果かなりのコスト削減と

なる。更に、もし、結晶の長さが非常に短かくてありさえすれば、結晶30を通してファイバ16aおよび16bからのビームを非視準ビームとして伝搬すること、およびこれらのビームをレンズ32を経由して光ファイバ16cに結合することが実行可能となる。ここで、結晶を通して伝搬するビームの直径が、結晶長が増加するに従い増加することは、明らかである。

【0021】操作（ビーム操作）に際し、図1に示された装置は、下記のように動作する。ビーム分割器として、未知の偏光光が入力ポートとして機能する光ファイバ16cに投射される。ビームは結晶30を通り抜けるとき、それは二本のビームに分離する。o-光線偏光ビームは結晶ポート16aによって導かれ、e-光線偏光光はポート16bに導かれる。逆に、結合は反対方向で同じように行われる。ファイバ16a、16bと結晶30間にレンズがないので、結晶の短い長さを通り抜ける光は、非視準状態である。

【0022】現在、多くの光装置では、光をより効率的に結合するために、各種の形式のレンズが光導波路を出る拡散光ビームを視準し、光導波路に投射された光の焦点を結ぶように用いられている。

【0023】光学要素の設計および製造に用いられるもっとも普遍的な組立てブロックの一つは、グレーデッドインデックス（GRIN）レンズである。この種のレンズは「SELFOC」の商品名の下で生産されている。このマークは日本で商標登録され、日本板ガラス株式会社が所有している。他の光学要素との組み合わせでGRINレンズは、WDM装置、光結合器、循環器（サーキュレータ）、アイソレータ、および他の装置の製造に用いられる。本発明におけるGRINレンズの使用は、他の従来のレンズに対して多くの利点を提供するが、本発明をGRINレンズのみに限定するものではない。

【0024】GRINレンズの利点は、比較的廉価、コンパクトであり、そしてさらに、その平行な平らな端面を有することである。特に、GRINレンズの平らな端面は、単一のレンズを、光の視準、および焦点を結ぶ手段として、および同様に、レンズの端面から反射する光を分岐する手段としても用いることができる。

【0025】次に、図11を参照すると、実質的に四分の一ピッチGRINレンズがレンズ42の端面近傍の三つの位置、41c、41bおよび41aから投射された三個のビームの軌跡と共に示されている。位置41cから投射されたビームが拡大し、位置41bおよび41aから投射された他の二本のビームよりも広い直径でレンズに入るのが示されている。これはまた、光が視準ビームとしてレンズの反対の端部に投射された時、ビームの焦点位置はビーム直径に依存する、ということを示している。

【0026】光がGRINレンズのようなレンズを通して効率的に結合されるには、狭い（小さい）直径を持つ

ビームをレンズに投射することが好ましい。このため、図1において、レンズ32に入り、光ファイバ16aおよび/又は16bから16cに向かって伝搬するビームが、極めて広い(大きい)直径を持つ場合に、レンズの周辺に入った光の幾つかは光ファイバ16cの受光端部に効率的に結合されない。

【0027】図3は、光ファイバ16aから16cに向かって伝搬するビームが比較的小さな直径を持ち、レンズ42に入るビームの直径が、図2あるいは図1に示された配置におけるレンズ42に入るビーム直径の約半分である、本発明の代替実施形態例を図示する。

【0028】図12の(a)を参照すると、内側に視準端面、外側に焦点端面を持つ一対の四分の一ピッチGRINレンズ110aおよび110bが示されている。点線によって示されるレンズ110aおよび110bの光軸に沿ってレンズと同軸でかつレンズに結合された二本の導波路111aおよび111bが示されている。光が導波路111aおよび111bの一つからそれぞれのレンズに投射されたかのように、ビーム輪郭がレンズ110aおよび110b内部に示されている。二個のレンズ間の境界面でのビーム輪郭は、円周上の二点である点112aおよび112bで示されるレンズの円周へ伸張する。

【0029】図12の(b)は図12の(a)と同じ対のGRINレンズを図示するが、二本の光導波路111aおよび111bは、レンズ110aおよび110bの共通の光軸から同じ光学距離だけオフセットして示されている。ここで、二個のレンズ間の境界面でのビーム輪郭は図12の(a)と同じ円周へ伸張するが、ビームの角度は変化している。二個のレンズ間が分離していないこと、および光導波路がそれぞれのレンズと直接結合されることを確実にすることにより、導波路がレンズによって共有する共通の光軸に平行である時、光は一つの導波路111aから他方の111bに(あるいはその逆に)最も効果的に結合される。同様の配置が図12の(c)に示され、ここでは入力/出力導波路111aおよび111bが、図12の(b)のものに対しレンズの光軸の反対側に配置されている。

【0030】図13を参照すると、図12の(c)に示されたレンズはここでは固定距離離隔して置かれている。導波路111aの光軸は、レンズ110aの光軸OAに平行に示されている。しかしながら、出力導波路111bでの光を効率的に結合するためには出力導波路111bは入力導波路111aと平行でなく、分離の量(レンズの間隔)に依存してレンズ110bの光軸に関して角度 $\theta$ でなければならない。本質的に、二個のレンズ間の分離(分離間隔)が増加するに従い、出力ビームはレンズ110bの光軸から拡散していく。

【0031】図14において、レンズ間に間隙を持たないレンズ110aおよび110bが示されているが、入

力および出力導波路111aおよび111bはそれらが光学的に結合されているレンズの端面から離れている。この間隙の結果として、光ファイバ111bに結合する光は角度 $\theta$ となり、光は導波路に効率的に結合しない。

【0032】本発明の一つの側面によれば、図4に示されるように、入力導波路の間隔、および近接レンズ間の間隔が所定の比以内であることを確実にすることにより、光は、レンズ110a、110bの一方の光軸と実質的に平行である入力導波路から出力導波路へ効率的に結合される。より詳細には図4に示されたレンズ110aおよび110bは、光学距離 $l_3$ だけ離れている。入力導波路111aおよび111cは、レンズ110aの端面から光学距離 $l_1$ にある。出力導波路111bおよび111dは、それらの近接レンズ110bから光学距離 $l_2$ にある。

【0033】最適な連結が存在し、入力および出力光導波路がそれらの光軸を同一軸上のレンズの光軸と平行にするためには、ほぼ $l_1 = l_2 = 0.5l_3$ の関係が存在しなければならない。

【0034】再度、図3を参照すると、それぞれが結晶30の長さの半分である二個の同一の複屈折結晶50aおよび50bが示されている。結晶50aおよび50b間に、それらの端面から距離を置き、レンズ42間の中央に焦点位置を持つ二個の実質的な焦点レンズが置かれている。導波路16aおよび16bは結晶50aの一つの端部に連結され、導波路16cは結晶50bに連結されている。

【0035】操作(ビーム操作)にあつては、ポート16aに投射されるo-光線指向光は、先の例示のように装置を横切ってポート16cに向けられ、ポート16bに投射されるe-光線指向光は、o-光線指向光と結合するためにポート16cに向けられる。

【0036】しかしながら、結晶42(結晶50a)は結晶30よりも短いのので、50a近傍のレンズ42に入るビーム(ビーム直径)は遙かに小さく、レンズ50a(結晶50a)の好ましい部分が用いられる。同様に、レンズ50b(結晶50b)の周辺付近の領域は用いられず、最適の結合はポート16aからポート16cへ、およびポート16bからポート16cで達成される。ここで、最適の連結を達成するために、二個のレンズ間の距離 $2d_1$ は、ポートから最も近いレンズへの距離 $d_1$ の2倍である(又は、ポートから最も近いレンズへの距離 $d_1$ は二個のレンズ間の2倍の距離である)。

【0037】例示した実施形態例ではレンズはレンズの軸に直交する端面を持つように図示されているが、実際にはレンズは望ましくない後方反射の影響を低減するために磨かれ、傾斜させられる。

【0038】次いで、図15を参照すると、入力ファイバ57に関連する第一GRINレンズ51、出力ファイバに関連する第二GRINレンズ55、第一楔型複屈折

偏光器52、液晶セル50、および第二楔型複屈折偏光器54を持つ先行技術の光減衰器／スイッチが示されている。ファイバ57および58を保持するフェルールはここでは示していないが、図16では57および58として示されている。制御信号に対応して、液晶セル50は第一GRINレンズ51からの光信号を制御可能に回転する。液晶セル50の結果状態に依存して、光信号は出力ファイバ58に伝達され、あるいは伝達されない。勿論、信号の強さは装置が減衰器として動作するように調整することができる。

【0039】図16は、図15の偏光器52、54、および液晶セル50の各種の光軸の方位を図示する。第一偏光器52の光軸は第一GRINレンズ51からの視準光信号の進行ラインに垂直な任意の方向に配置される。第二偏光器54の光軸は、第一偏光器52の光軸から90°回転し、視準光信号の進行ラインに垂直であるように配置される。セル50が作動されると、液晶の光軸は第一偏光器52の光軸から45°となり、セル50は当該セル50を通して光が進行する時、光信号の180°の位相遅延があるような厚みを持つ。

【0040】この図15、図16の先行技術のスイッチ／減衰器の操作が図17に示され、そこではセル50内の液晶が配列されるようにセル50は作動される。入射ビーム60は第一偏光器52に当り、一方は異常光線として、他方は常光線として二つの偏光モードに分かれる。作動した液晶セル50により、光信号は90°回転する。言い換えれば、異常光線は偏光器52の異常軸に沿って偏光される。

【0041】発明の背景で論じたように、この先行技術構成は数々の欠点を有し、その結果装置のコストが増大している。これらは、視準ビームがこれらの結晶を通して伝搬する中で二つの結晶への結晶の厚みに対する要求である。

【0042】図5を参照すると、本発明の好ましい他の実施形態例が示されており、ここでは、レンズ105が偏光回転子132と小さな複屈折結晶130間に置かれている。偏光回転子132は、それを通して伝搬する光の偏光状態が、例えば回転子132付近の電界を変化させるために、電圧あるいは電流を変えることにより制御可能に変化させ得る、ファラディ回転子のような如何なる形式のものでも良い。

【0043】あるいは、リチウムニオブ結晶が、屈折率を変化させるために適用される制御可能な電界で使用され、それがそこを通して伝搬する光の位相を変化させるか、あるいは、液晶が上記したように用いられる。偏光回転子132の近傍に、入力ポート110aに投射された視準入射光を、出力ポート110bへの後方へ屈折するために置かれた鏡136の形式の屈折要素がある。

【0044】もし、偏光回転子を通して伝搬する光の偏光状態が変化しなければ、入力ポート110aに投射さ

れた総ての光は、本質的に出力ポート110bに結合する。そこを通して伝搬する光を回転する回転子132に適切な制御信号を与えることにより、偏光状態が変更されるので、反射ビームは出力ポート110bに部分的にのみ結合する。回転子132によって与えられる回転の量を正確に制御することにより、減衰の程度は正確に制御される。最適な結合のためには、ポートからレンズ105の入力／焦点面への距離dが、出力／レンズの視準端面から鏡136への距離dに等しいことが好ましい。

10 【0045】図6から図8に示した本発明の実施形態例は、入力／出力ポートと結晶間の装置の入力端部にレンズを備えている。これらの実施形態例は、図5に示した実施形態例ほど好ましくはないが、それらは、たった一個の結晶が要求されるので、先行技術の減衰器に対して正に著しい利点を提供する。二個の大きな整合結晶を提供することは、光減衰器のコストを実質的に増大する。

【0046】図6を参照すると、視準する実質的に四分の一ピッチGRINレンズ105近傍にそれぞれ入力ポート110aおよび出力ポート110bを持つ減衰器が示されている。レンズ105の隣に視準ビームを受け、ビームを二個の直交する偏光ビームに分離するように大きさを決められた複屈折結晶140がある。結晶からの光を受光するように配置された回転子132と部分的透過屈折器の形式の屈折要素146が、ポート110aに投射された入力ビームを出力ポート110bに向けて実質的に後方に導くために配置されている。検出器141の形式のモニターが、部分的透過屈折器を通して漏洩する光の小さな部分を検出するために置かれている。有利なことに、この折り返し構成を提供することにより、入力ビームを二個のビームに分離するため、および反対方向に二個のビームを一個のビームに結合するために、ただ一個の結晶が要求される。

【0047】図7は、二個のより小さなGRINレンズ105a、および105bが単一の大きなGRINレンズの代わりに用いられている同様な実施形態例を示す。視準する実質的に四分の一ピッチGRINレンズ105aおよび105bの近傍に、入力ポート111aおよび出力ポート111bを持つ減衰器が示されている。レンズ105aおよび105bの近傍に、レンズ105aからの視準ビームを受け、およびビームを二個の直交する偏光ビームに分離するように大きさを決められた複屈折結晶140がある。回転子（偏光回転子）132が結晶からの光を受光するために置かれている。

【0048】そして、コーナーキューブ146の形式の反射手段が回転子の近傍にあり、ポート111aに投射された入力ビームを出力ポート111bに向けて実質的に後方に導く。有利なことに、この折り返し構成を提供することにより、入力ビームを二個のビームに分離し、反対方向に二個のビームを一個のビームに結合するため、

11

【0049】図8に示された実施形態例は図7の実施形態例と多くの面で類似であるが、しかしながら、鏡148がコーナーキューブの代わりに用いられている。入力レンズ105aの端部に投射された光が出力レンズ105bと光学的に配列することを確実にするために、光はレンズ105aの光軸からオフセットしている入力レンズ端面のポートに投射される。

【0050】勿論、多くの他の実施の形態例が本発明の意図とその範囲から逸脱することなしに考えられる。

【0051】

【発明の効果】本発明によれば、光は装置（光減衰器）の端部に投射され、装置の同じ端部で受光される。鏡、反射体およびコーナーキューブのような屈折要素（反射要素）を用いた反射手段の屈折器は、折り返し構成を提供するために用いることができる。非視準光ビームが視準される前に小さな比較的薄い結晶に投射される構成を提供することにより、更なる利点が実現され得る。

【0052】本発明による構造の利点は多数である。より小さな、より少ない構成要素が必要とされ、従って、装置は製造するのにかなり廉価である。更に装置は、偏光結合、あるいは分割機能を行う従来技術の装置よりも小さい。

【図面の簡単な説明】

【図1】視準していない光が複屈折結晶を通して入射している、本発明の光減衰器を構成する偏光ビーム分割器の実施形態例による上面図である。

【図2】単一のGRINレンズを持つ図1に示された偏光ビーム分割器の上面図である。

【図3】レンズを通して伝搬するビーム直径を最小にし、ポート間の光の結合を強化するために、二個の結晶と二個のレンズが用いられる、本発明の光減衰器を構成する偏光ビーム分割器（光減衰器）の代替実施形態例の上面図である。

【図4】本発明によるレンズの光軸からオフセットして配置された入力／出力導波路を持つ一対の背面對背面離隔配置GRINレンズの配置構成の側面図である。

【図5】コーナーキューブが折り返し構成を提供するために用いられている本発明による光減衰器の実施形態例の構成説明図である。

【図6】図5に示された光減衰器と同様の光減衰器であ

12

るが、入力／出力端部に二個のレンズを持つ代替実施形態例の説明図である。

【図7】鏡が反射要素として用いられている本発明による代替実施形態例の説明図である。

【図8】視準していないビームが小さな複屈折結晶を通して通過し、鏡が折り返し構成を提供するために用いられている本発明による光減衰器の実施形態例の構成説明図である。

【図9】先行技術の偏光ビーム分割器の上面図である。

10 【図10】短い結晶長により機能的でない偏光ビーム分割器の上面図である。

【図11】実質的な四分の一ピッチGRINレンズの先行技術の側面図である。

【図12】先行技術のGRINレンズの配置説明図であり、そのうち、(a)は、レンズの光軸に沿って配置された入力／出力導波路を持つ一対の背面對背面四分の一ピッチGRINレンズの先行技術配置の側面図であり、

(b)は、レンズの光軸からオフセットして配置された入力／出力導波路を持つ一対の背面對背面四分の一ピッチGRINレンズの先行技術配置の側面図であり、

20 (c)は、レンズの光軸からオフセットして配置された入力／出力導波路を持つ一対の背面對背面四分の一ピッチGRINレンズの先行技術配置の側面図である。

【図13】レンズの光軸からオフセットして配置された入力／出力導波路を持つ一対の背面對背面離隔配置GRINレンズの配置の側面図である。

【図14】レンズから離隔配置された入力および出力導波路を持つ一対の背面對背面GRINレンズの配置の側面図である。

30 【図15】従来の光減衰器の説明図である。

【図16】図15の装置の構成要素の光軸方位を示す図である。

【図17】図15の装置のビーム操作の説明図である。

【符号の説明】

105、105a、105b、110a、110b レンズ（GRINレンズ）

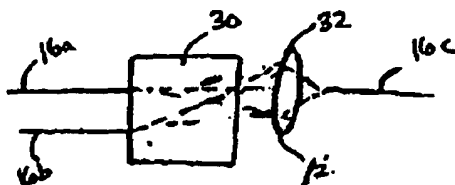
30、50a、50b、130、140 複屈折結晶

132 回転子（偏光回転子）

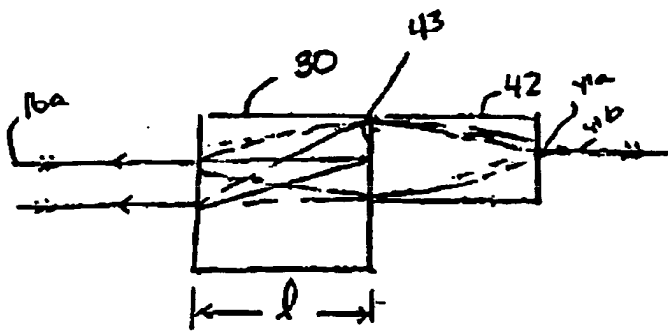
141 検出器

40 146 屈折要素

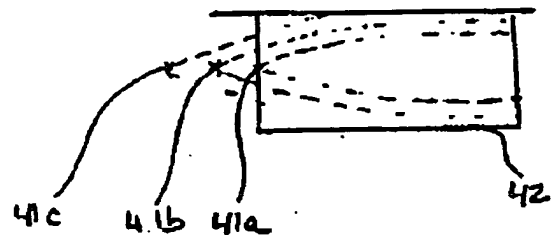
【図1】



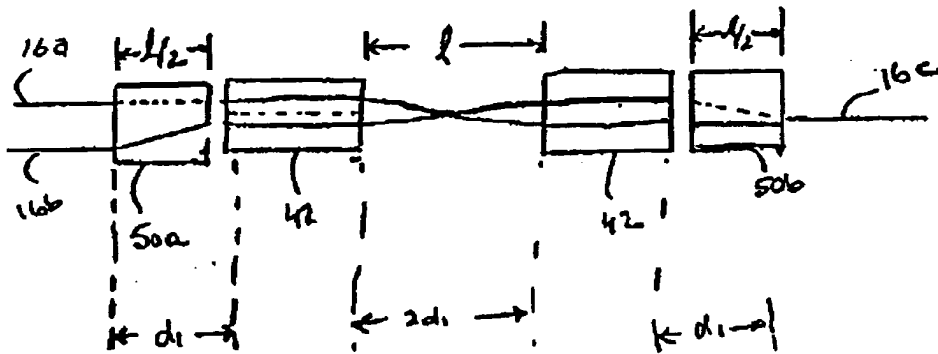
【図2】



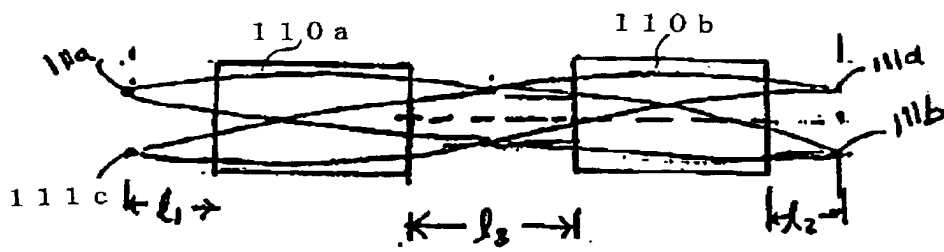
【図11】



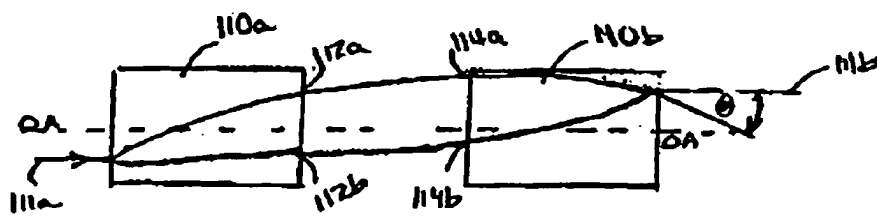
【図3】



【図4】

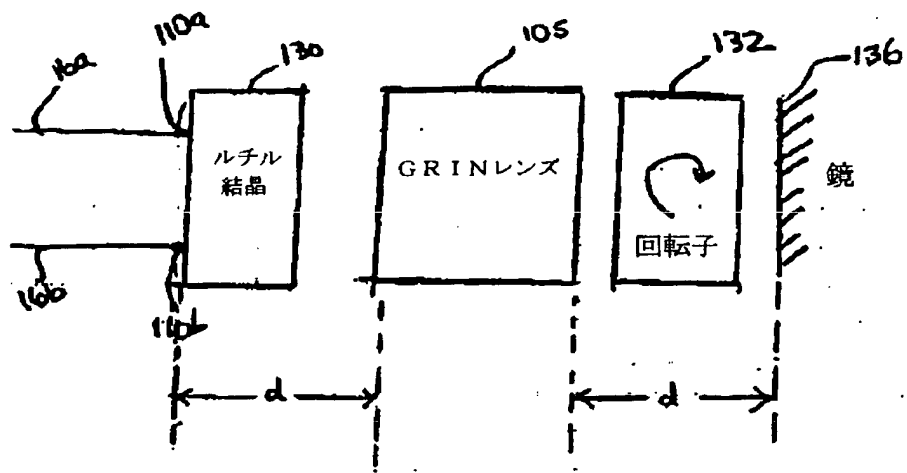


【図13】

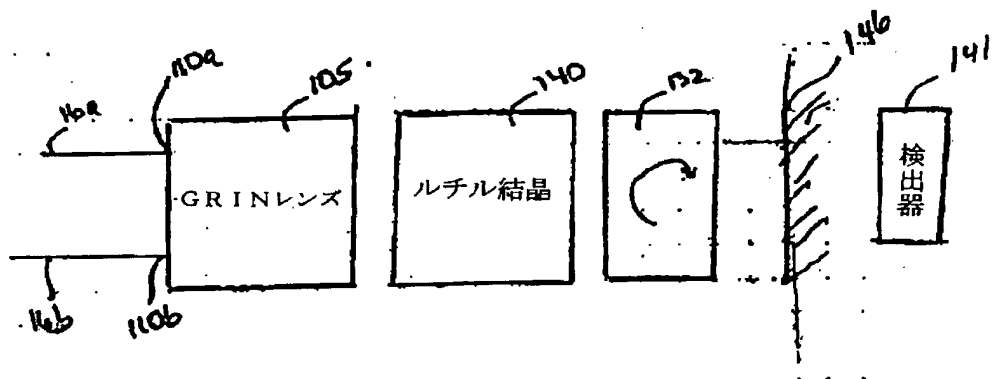




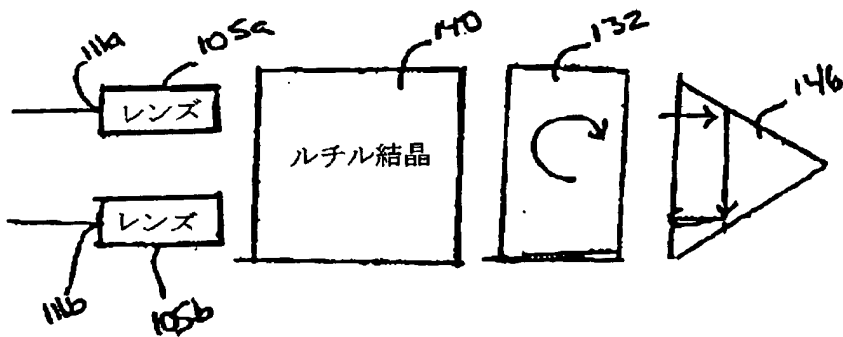
【図5】



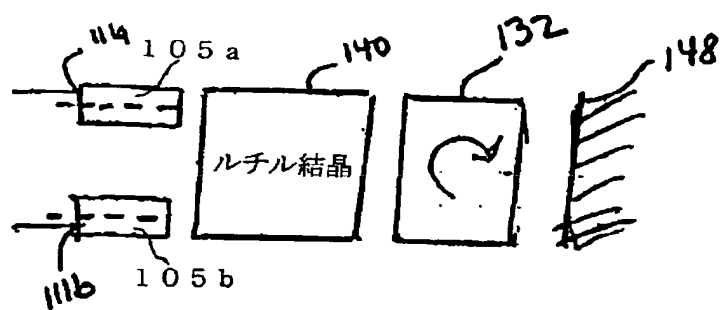
【図6】



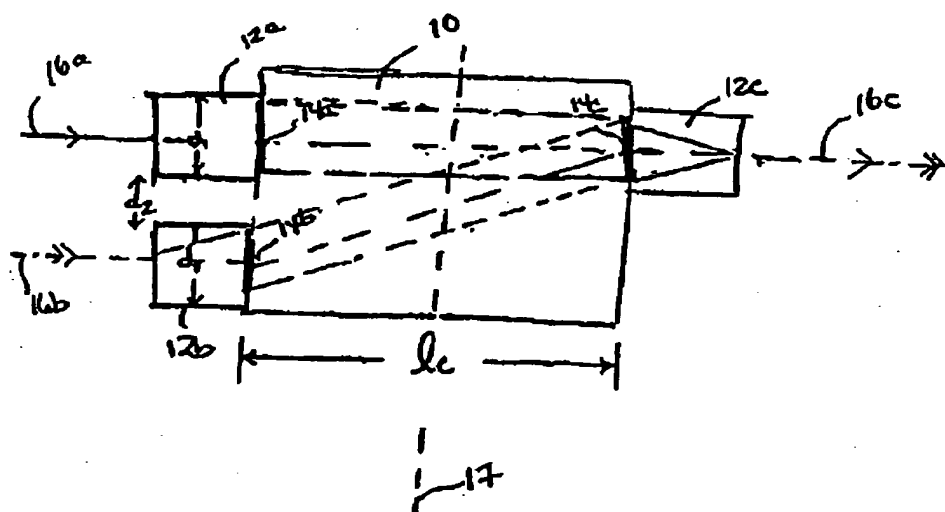
【図7】



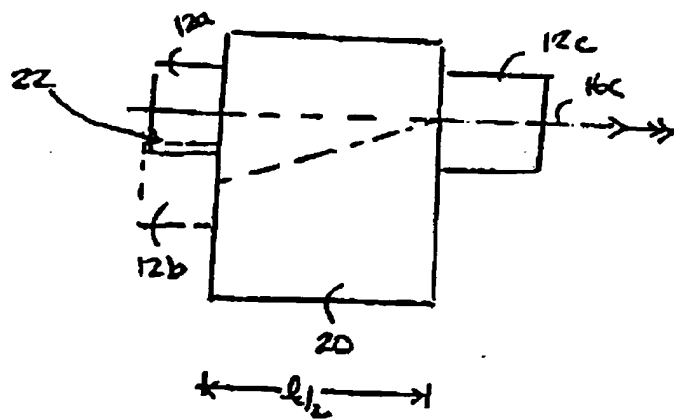
【図8】



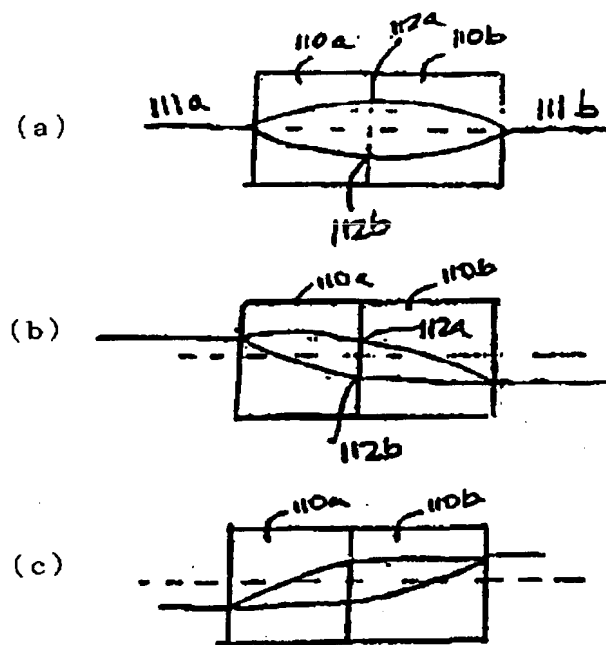
【図9】



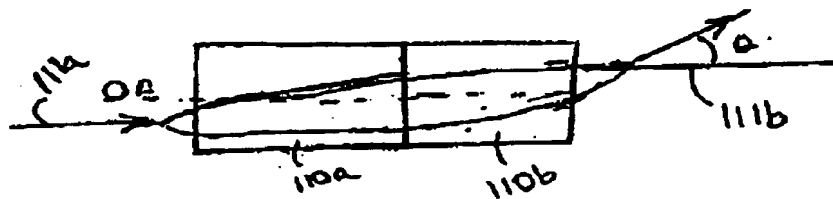
【図10】



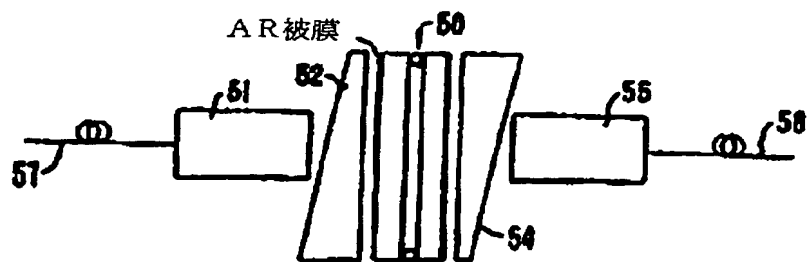
【図12】



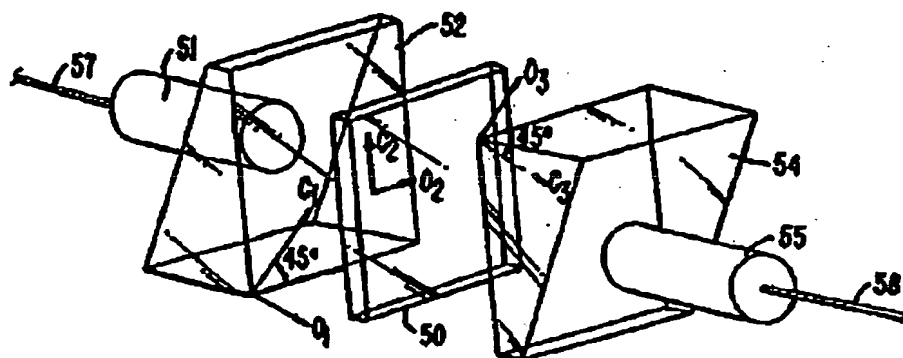
【図14】



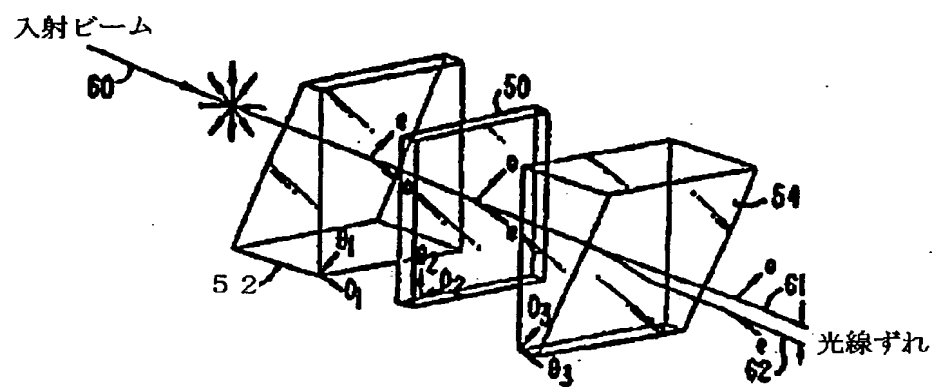
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

(71)出願人 597175606  
 570 West Hunt Club R  
 oad, Nepean, Ontario,  
 Canada K2G5W8